



Instituto Superior de Economia e Gestão

UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA

DESDE 1911

MESTRADO EM FINANÇAS

TRABALHO FINAL DE MESTRADO

TRABALHO DE PROJECTO

INDICADORES DE QUANTIFICAÇÃO DE RISCO SISTÉMICO: APLICAÇÃO DO ΔCoVaR AOS BANCOS PORTUGUESES

VIRGÍNIA MARINA MADEIRA CARDOSO

SETEMBRO-2012



Instituto Superior de Economia e Gestão

UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA

DESDE 1911

MESTRADO EM FINANÇAS

TRABALHO FINAL DE MESTRADO

TRABALHO DE PROJECTO

**INDICADORES DE QUANTIFICAÇÃO DE RISCO SISTÉMICO:
APLICAÇÃO DO ΔCoVAR AOS BANCOS PORTUGUESES**

POR: VIRGÍNIA MARINA MADEIRA CARDOSO

**ORIENTAÇÃO: PROFESSOR DOUTOR JORGE HUMBERTO DA
CRUZ BARROS DE JESUS LUÍS**

SETEMBRO-2012

ÍNDICE

LISTA DE TABELAS E QUADROS.....	III
LISTA DE FIGURAS.....	III
LISTA DE SIGLAS.....	IV
DEDICATÓRIA	V
AGRADECIMENTOS	VI
RESUMO.....	VII
ABSTRACT.....	VIII
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. PROBLEMA DE PESQUISA	1
1.2. OBJETIVOS	4
1.2.1. <i>Objetivo geral</i>	4
1.2.2. <i>Objetivos específicos</i>	4
1.3. JUSTIFICAÇÃO DO TEMA	5
1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO.....	6
1.5. LIMITAÇÕES DO TRABALHO	7
2. REVISÃO DE LITERATURA	8
2.1. CONCEITO DE RISCO SISTÊMICO.....	8
2.2. MEDIDAS DE RISCO SISTÊMICO	10
2.2.1. <i>CoVaR e $\Delta CoVaR$</i>	18
2.3. DETERMINANTES DO RISCO SISTÊMICO	20
3. DADOS E METODOLOGIA.....	23
3.1. AMOSTRA	23
3.2. ESPECIFICAÇÃO DOS MODELOS E METODOLOGIA.....	23
4. ANÁLISE DE RESULTADOS	26
4.1. ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS	26
4.2. $\Delta CoVaR$ <i>VERSUS</i> VAR.....	27
4.2.1. <i>Matriz de Contágios</i>	28
4.3. DETERMINANTES DO RISCO SISTÊMICO	29
5. CONCLUSÃO.....	32
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35
7. ANEXOS	39

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Tabelas

Tabela I. Estatísticas Descritivas das Séries de Retornos.....	26
Tabela II. Ranking do Risco Individual e Sistémico dos Bancos	27
Tabela III. Matriz de Contágio dos Bancos	28
Tabela IV. Regressões do Risco Sistémico (ΔCoVaR)	29

Tabelas em Anexo

Tabela A. Modelos para a Estimação do VaR.....	41
Tabela B. Testes de Auto-correlação de <i>Portmanteu</i>	42
Tabela C. Matriz de Correlações.....	42
Tabela D. Testes dos Modelos de Regressão.....	43
Tabela E. Estatísticas Descritivas das Medidas de Risco.....	43
Tabela F. Estatísticas Descritivas das Variáveis Trimestrais.....	43

Quadros

Quadro I. Modelo de Matriz de Contágios	20
Quadro II. Categorização das Medidas de Risco Sistémico	45

LISTA DE FIGURAS

Gráfico 1. Relação Temporal do ΔCoVaR e o VaR.....	41
------------------------------------------------------------------	----

LISTA DE SIGLAS

BCBS – *Basel Committee on Banking Supervision*

BCE – Banco Central Europeu

BIS – *Bank for International Settlements*

ERSB – *European Systemic Risk Board*

FMI – Fundo Monetário Internacional

FSB – *Financial Stability Board*

GARCH – *Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity*

IMF – *International Monetary Fund*

SIFIs – *Systemically Important Financial Institutions*

TGARCH – *Threshold Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity*

UE – União Europeia

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Mário Cardoso (em memória) e Maria Cândida Cardoso, aos meus irmãos, Fely, Bijou, Cló, Chris, ao meu cunhado Aly e a minha sobrinha Michelle, pelo amor e apoio incondicional, pela confiança que sempre depositaram em mim e por serem uma constante fonte de inspiração.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar à Deus por ter permitido que eu chegasse até aqui.

Ao meu orientador, Professor Doutor Jorge Barros Luís por toda atenção, incentivo à perfeição e disponibilidade na orientação deste trabalho.

Ao Professor Doutor João Nicolau pelo apoio em matéria de econometria.

Ao Instituto Português de Apoio ao Desenvolvimento pelo apoio financeiro.

Aos meus amigos Vânia Tembe, Sílvia Tchamo, Nayol Gonçalves e João Valentim pela companhia, amizade e suporte nos momentos de angústia e de alegrias e pelo estímulo a dar o meu melhor nos estudos.

A todo o corpo docente e administrativo do ISEG pelo empenho na transmissão de conhecimentos e por terem tornado possível a minha formação e aos meus colegas, em especial, a Licínia, o Meira e o Alex pelo trabalho em equipa.

RESUMO

O presente estudo tinha como objectivo avaliar a contribuição marginal dos bancos portugueses para o risco sistémico do sistema financeiro português no período 2007-2011. Para tal, foi aplicada a métrica ΔCoVaR , estimada através de modelos multivariados de heterocedasticidade condicional (GARCH), aos quatro bancos cotados em Bolsa. Foi também analisado até que ponto o nível de endividamento, o beta das acções e a dimensão dos bancos são determinantes da sua importância sistémica. Os resultados sugerem que o BCP é o banco com maior risco individual e que mais contribui para o risco sistémico. No período em análise, o nível de endividamento foi o factor mais significativo para explicar a contribuição marginal dos bancos para o risco sistémico, tendo um efeito positivo sobre esta.

Palavras-Chave: ΔCoVaR , Risco Sistémico, Importância Sistémica, GARCH-multivariado.

ABSTRACT

This study aimed to assess the marginal contribution to systemic risk of portuguese banks in 2007-2011. Using multivariate conditional heteroskedasticity models (GARCH), it was estimated the ΔCoVaR , which capture the systemic importance of the institutions, for the four banks listed on the stock exchange. It was also examined whether the level of debt, beta of shares and size are determinants of banks' systemic importance. The results suggest that BCP has the highest individual risk and contributes more to systemic risk. The level of debt was the most significant factor in explaining the marginal contribution to systemic risk, having a positive effect on it.

Keywords: ΔCoVaR , Systemic Risk, Systemic Importance, multivariate-GARCH.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Problema de Pesquisa

Os bancos desempenham um papel fundamental no financiamento à actividade económica e na estabilidade do sistema financeiro. A falência ou insolvência de um banco pode impor externalidades negativas a outros bancos e instituições financeiras, causando ruptura no sistema financeiro com consequências adversas para o resto da economia. Tal facto motiva o conceito de risco sistémico, que corresponde a uma *“série de defaults correlacionados de instituições financeiras que, ocorrendo num curto espaço de tempo, provoca diminuição de liquidez e perda de confiança generalizada no sistema financeiro como um todo”* (Billio et al., 2010, p. 1).

Portanto, é necessário entender e avaliar o risco sistémico e a importância sistémica dos bancos, isto é, a sua capacidade para influenciar e desestabilizar o sistema financeiro. A avaliação da importância sistémica dos bancos é uma questão chave tanto para a estabilidade financeira como para a supervisão macro-prudencial pois, como ressaltaram Tarashev et al. (2009) & Zhou (2009), permite estimar o provável impacto da falência de um banco na estabilidade global do sistema financeiro e propor e/ou justificar medidas de resgate em tempos de crise, ao mesmo tempo que ajuda na calibração de instrumentos prudenciais (capital regulamentar e prémios de seguro) e supervisão dos bancos sistemicamente importantes em tempos regulares.

A recente crise financeira veio enfatizar a importância do risco sistémico e da contribuição das instituições financeiras para este, tendo-se tornado a sua definição e quantificação um grande desafio, não apenas para os académicos, mas sobretudo para os agentes de supervisão e regulamentação. A incapacidade de prever os efeitos

adversos da falência de determinados bancos, bem como a fraca regulamentação e crescente complexidade dos mercados e instrumentos financeiros (*e.g.* hipotecas securitizadas), revelaram deficiências no quadro regulamentar contemporâneo. Se, historicamente, a supervisão e regulamentação financeira esteve focada na avaliação do risco dos bancos de forma individual (abordagem micro-prudencial), com a crise, tornou-se evidente a necessidade de estabelecer medidas macro-prudenciais para fazer face ao risco sistémico (Benoit et al., 2012).

Neste sentido, foram criados diversos organismos responsáveis pela melhoria do quadro institucional da supervisão financeira. A nível internacional, sob égide do G-20¹, foi estabelecido em Abril de 2009 o Comité de Estabilidade Financeira (FSB), responsável pelo desenvolvimento e implementação de medidas eficazes de regulamentação, supervisão e outras políticas do sector financeiro, colaborando para tal com FMI e o Banco de Pagamentos Internacionais (BIS). Na União Europeia, foi estabelecido em Dezembro de 2010, o Comité Europeu do Risco Sistémico (ESRB), organismo responsável pela supervisão macro-prudencial do sistema financeiro a nível da UE, cuja missão é *“monitorizar e avaliar o risco sistémico em períodos normais, com o objectivo de atenuar a exposição do risco de falência de componentes sistémicos e aumentar a resistência do sistema financeiro a choques”* (UE, 2010).

O Comité de Basileia de Supervisão Bancária (BCBS, 2011), visando o controlo e a mitigação dos riscos impostos por instituições sistemicamente importantes (SIFIs), divulgou uma metodologia de avaliação da importância sistémica de bancos globais, baseada numa abordagem de indicadores-base que reflectem cinco categorias de importância sistémica: dimensão, interligações com outros bancos, actividade

¹ Grupo dos 20, formado pelos ministros das finanças e responsáveis dos bancos centrais das 19 maiores economias do mundo mais a União Europeia.

interjurisdicional, substituíbilidade dos seus serviços e complexidade. Com base nesta metodologia serão definidas exigências de capacidade adicional de absorção de perdas para além dos rácios de capital de Basileia III, que reflectam o risco destas instituições.

Os esforços de conceptualização, quantificação e regulamentação do risco sistémico por parte das autoridades de supervisão, têm sido acompanhados por desenvolvimentos e pesquisas a nível académico. Parte significativa destas pesquisas tem abordado a questão da quantificação da importância sistémica das instituições financeiras avaliando o impacto das externalidades que estas podem impor ao sistema como um todo. Uma medida popular, que tem recebido grande atenção por parte da comunidade académica é o *Conditional Value-at-Risk* (CoVaR), introduzido por Adrian e Brunnermeier (2011), que procura capturar as perdas do sistema financeiro no caso de falência de uma instituição financeira, correspondendo ao *Value-at-Risk* (VaR) do sistema financeiro dado o efeito originado por um evento específico em determinado banco.

O CoVaR vem colmatar uma das lacunas das tradicionais medidas de risco – a sua idiossincrasia – isto é, o facto destas estarem focadas no risco isolado de uma instituição, sem considerar o impacto que a instituição possa ter no sistema. Segundo Carrasco e Garcia (2010), “*um princípio geral da teoria económica de externalidades é que os agentes devem ser monitorados ou taxados de acordo com a sua contribuição individual para alguma medida de perda. O CoVaR respeita esse princípio*”. Além de medir o grau de externalidades que uma instituição impõe ao sistema, esta medida permite avaliar o efeito de contágio de uma instituição sobre

outra e pode ser estendida a outras medidas de “risco de cauda”, como é o caso da perda esperada condicional.

O presente trabalho procura *estimar o nível de risco sistémico no sistema financeiro português, avaliando a contribuição marginal dos bancos para o mesmo*, através da medida proposta por Adrian e Brunnermeier (2011), com recurso a modelos multivariados de heterocedasticidade condicional.

1.2. Objetivos

1.2.1. *Objetivo geral*

- ✓ Avaliar a contribuição marginal dos bancos para o risco do sistema financeiro português com recurso a modelos multivariados de heterocedasticidade condicional.

1.2.2. *Objetivos específicos*

- ✓ Estimar o risco individual de cada um dos bancos e para o sistema financeiro;
- ✓ Estimar o risco sistémico de cada banco, ou seja, a sua capacidade de afetar o sistema como um todo;
- ✓ Construir uma matriz de contágio entre os bancos, que mede o impacto do *default* de um banco nos outros e vice-versa;
- ✓ Analisar até que ponto as características individuais dos bancos – risco de mercado (beta), risco individual, dimensão e endividamento – influenciam ou são determinantes do risco sistémico.

1.3. Justificação do Tema

A actual crise financeira, que eclodiu em meados de 2007 no mercado norte-americano de crédito hipotecário de alto risco (*subprime*), colocou em foco o risco sistémico e o efeito de contágio por este originado, dada a ampla globalização dos sistemas e mercados financeiros. A falência do *Lehman Brothers* trouxe efeitos adversos tanto para a economia norte-americana, como para as economias europeias e do mundo em geral, transformando uma crise de crédito em crise sistémica.

Portugal não esteve imune aos problemas advindos desta crise. Se por um lado os bancos portugueses não foram profunda e directamente afectados, por outro, o agravamento da crise da dívida soberana na Zona Euro, em geral, e no país, em particular, contribuiu para a queda da qualidade de crédito e *rating* dos bancos resultando na dificuldade de acesso e aumento do custo de financiamento. O difícil acesso ao *funding* reflectiu-se na redução de liquidez e em constrangimentos adicionais ao crescimento económico, impactando sobre o desempenho dos bancos.

As restrições de liquidez e os constrangimentos à economia reforçam a importância da análise dos efeitos de contágio entre as instituições, no sentido de identificar bancos condutores de risco (*risk drivers*), que impõem maiores externalidades ao sistema, permitindo uma melhor actuação dos agentes reguladores e de supervisão, bem como a auto-avaliação por parte da instituição. As medidas decorrentes desta análise podem ser utilizadas pelos Governos na definição das estratégias de resgate, uma vez que se um banco é sistemicamente muito importante,

justifica-se o seu resgate pelo impacto que a sua falência poderia impor ao sistema financeiro e a economia em geral².

A análise da importância sistémica dos bancos contribui também para a redução do risco moral associado ao resgate de instituições sistemicamente importantes. A percepção de garantias implícitas de suporte por parte do governo cria problemas de risco moral pois, como sustentado pelo BCBS (2011), instituições consideradas sistemicamente importantes em virtude da sua dimensão ou das suas interligações com o mercado, na busca pela maximização dos benefícios próprios, tendem a escolher investimentos mais arriscados, sem ter em conta as externalidades daí decorrentes. Determinar a importância sistémica de tais instituições, conseqüentemente, o conjunto de externalidades originadas por cada instituição, permite que estas sejam taxadas e monitoradas de acordo com o risco que impõem ao sistema.

Outra justificação para o estudo prende-se com o facto de que, embora haja vários estudos sobre risco sistémico em Portugal, estes estão mais relacionados com indicadores macroeconómicos e o impacto do risco advindo da crise soberana. Ao invés, os estudos referentes a contribuição individual dos bancos existem para a realidade europeia como um todo, mas não especificamente para Portugal.

1.4. Estrutura do Trabalho

O presente estudo é composto de cinco partes. Assim, em acréscimo a esta secção introdutória, onde se apresentam o problema de pesquisa, os objectivos a atingir e a importância do estudo, efectua-se na segunda secção, a revisão à literatura,

² Esta foi a justificação para a intervenção do Governo Português no Banco Português de Negócios (BPN).

com a apresentação de alguns conceitos relevantes para a realização do trabalho, de algumas teorias e resultados de estudos levados a cabo sobre o mesmo. Na terceira secção é apresentada a metodologia utilizada para a prossecução do trabalho, enquanto na quarta secção apresenta-se os resultados da pesquisa e confronta-se com os outros estudos descritos na segunda secção. A quinta e última secção expõe as principais conclusões do estudo e algumas recomendações.

1.5. Limitações do Trabalho

A principal limitação do presente estudo esteve relacionada com a dimensão da amostra. A análise efectuada teve como base dados de mercado, neste caso preços das acções, que para além de apresentarem maior frequência, incorporam de forma rápida informações mais recentes e as perspectivas do mercado. Assim, só foi possível incluir na análise os 4 bancos portugueses cotados em bolsa, para um total de 77³ (cerca de 5%), tendo-se excluído bancos que, pela sua dimensão e volume de transações, poderiam influenciar de forma relevante o sistema financeiro. Ainda assim, 3 dos bancos analisados apresentam um grande peso na amostra em termos de total de activos (ver Tabela A, Anexo 3).

A despeito da utilização dos preços das acções para análise, importa realçar que estes podem apresentar algumas desvantagens relacionadas a sua elevada volatilidade, que para além da dinâmica e perspectivas de mercado, pode espelhar algum “ruído”, enviesando a análise.

³ Fonte: Base de dados Bankscope. Consultada a 20 de Abril de 2012

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Conceito de Risco Sistémico

Embora seja um tema em voga e amplamente debatido, ainda não existe consenso no que concerne à definição de risco sistémico. Tradicionalmente visto como o risco de “corrida aos bancos”, em que o pânico instalado levava os depositantes e os investidores a retirar os fundos colocados nos bancos, conduzindo ao colapso do sistema bancário, actualmente, o conceito tem ganho contornos mais amplos, referindo-se ao risco de colapso do sistema financeiro como um todo.

De Bandt e Hartmann (2000) afirmam que o conceito de risco sistémico vai para além da visão tradicional de vulnerabilidade dos bancos face a “fuga de depósitos”, estando no coração do conceito a noção de contágio, uma propagação forte de perturbações financeiras de uma instituição, mercado ou sistema para outro. De forma mais abrangente FSB, IMF e BIS (2009) apresentam o risco sistémico como *“o risco de ruptura nos serviços financeiros como resultado de perturbações financeiras em todo ou parte do sistema financeiro, com potencial para causar consequências adversas na economia real”*.

Furfine (1999) sugere dois tipos de risco sistémico: o risco de que um choque financeiro provoque a quebra ou mau funcionamento simultâneo de um conjunto de instituições e mercados e o risco de que a falência de uma instituição ou um pequeno grupo de instituições alastre-se, de forma sequencial, às outras em resultado das suas interligações. Estes conceitos enquadram-se na visão conceptual de que o risco sistémico tem duas dimensões: uma transversal e outra temporal. Segundo Caruana (2010), a dimensão transversal centra-se na forma como o risco se correlaciona entre as instituições financeiras em determinado momento, em virtude das ligações directas

e indirectas entre estas, enquanto a dimensão temporal relaciona-se com a acumulação de fragilidades financeiras ao longo do tempo em interacção com os ciclos macroeconómicos.

O Banco Central Europeu – BCE (2009) sugere três formas de risco sistémico que captam as suas diferentes dimensões: o risco de contágio, o risco de macro-choques e o risco de desequilíbrios financeiros acumulados ao longo do tempo. O risco de contágio materializa-se através do efeito *spillover* de perturbações financeiras de uma instituição para as outras de forma sequencial, numa dimensão transversal. O risco de macro-choques refere-se ao efeito negativo simultâneo de um amplo choque exógeno ao sistema sobre um conjunto de instituições e mercados. A última forma de risco refere-se à acumulação endógena de grandes desequilíbrios financeiros ao longo do tempo, como no caso das bolhas dos mercados de activos ou de créditos, que podem trazer consequências adversas para os bancos e para os mercados. Estas formas de risco não são mutuamente exclusivas, podendo ocorrer ao mesmo tempo, de forma conjunta ou independentemente.

As definições apresentadas são comuns ao referir-se ao risco do sistema financeiro como todo e ao salientarem a existência do risco de contágio das perturbações financeiras, seja entre instituições ou entre o sistema financeiro e a economia real. Para o presente estudo, considera-se a definição apresentada por Tarullo (2009), uma vez que realça a importância sistémica das instituições: *“uma instituição é sistemicamente importante se o não cumprimento das suas obrigações para os credores e clientes tiver consequências adversas para o sistema financeiro e para a economia em geral”*.

2.2. Medidas de Risco Sistémico

A amplitude do conceito do risco sistémico leva a que existam diversas abordagens para a sua quantificação. Já desde antes da eclosão da crise actual que tem havido uma preocupação em medir o risco sistémico e a contribuição marginal de cada instituição para o mesmo. Com a crise, esta preocupação aumentou de forma significativa, tendo surgido vários modelos e indicadores para a sua quantificação, que podem servir de ferramentas para apoiar a supervisão e regulamentação macro-prudencial.

O BCE (2010) sugere que os modelos podem ser agrupados de acordo com as formas de risco sistémico: (a) modelos para captar o risco de contágio; (b) modelos para avaliar o impacto da ocorrência de um macro-choque sobre o sistema financeiro; e (c) modelos para avaliar o risco do desencadear de desequilíbrios financeiros. O foco desta análise será sobre os modelos de contágio, uma vez que estes procuram avaliar em que medida a falência de um banco leva a falência ou perturbações financeiras em outros bancos, isto é, a sua importância sistémica, principal objectivo do estudo.

Ainda dentro dos modelos de contágio, é possível agrupar as várias medidas de quantificação de risco sistémico de acordo com as técnicas utilizadas para a sua estimação: medidas de distribuição de probabilidades, medidas de análise de estrutura de rede e medidas de análise de dívida contingente (ver Quadro II, Anexo 4). Dentro das medidas probabilísticas tem-se o CoVaR, proposto por Adrian e Brunnermeier (2011), para medir o efeito *spillover* das externalidades que uma instituição em

particular impõe ao sistema. Com recurso a regressões de quantis⁴, os autores estimaram a contribuição marginal para o risco sistémico de um conjunto de instituições financeiras, o ΔCoVaR , dado pela diferença entre o CoVaR e o VaR incondicional do sistema financeiro. Os autores propuseram também uma medida para avaliar a exposição das instituições a choques no sistema financeiro – o *exposure CoVaR*.

Alguns estudos estenderam a análise do CoVaR : Almeida et al. (2012) estimaram a relação entre o colapso dos retornos de mercado e os retornos de importantes empresas financeiras que actuam no Brasil e construíram uma matriz de contágios entre estas, avaliando as empresas que são *risk drivers* e as que são mais contagiadas pelas outras; Agrippino (2009), com recurso a modelos de heterocedasticidade condicional multivariados, diagnosticou e distinguiu episódios de interdependência e de contágio entre cinco bancos comerciais americanos; Girardi e Ergün (2012) também utilizaram modelos GARCH multivariados para estimar a contribuição de quatro grupos de instituições (bancos, corretores, companhias de seguro e fundos de cobertura) para o risco sistémico, avaliando como as suas características individuais ajudam a prever tal contribuição.

Um estudo importante, que também aplica a metodologia de regressões de quantis, é o de White et al. (2010) que procura analisar os *spillovers* nos VaRs de diferentes instituições. Através de um modelo de Vector Autoregressivo (VAR), em que o VaR das instituições financeiras e do mercado representam as variáveis dependentes, que são função do VaR desfasado e de choques passados, os autores construíram funções de impulso-resposta que permitiram estimar a resiliência das

⁴ A regressão de quantis é uma técnica de análise estatística que permite obter estimativas da mediana ou de outros quantis condicionais da variável dependente.

instituições financeiras a choques no sistema financeiro, bem como o impacto que estas têm sobre o VaR do sistema.

Acharya et al. (2010) propuseram como medida de importância sistémica das instituições financeiras, o *systemic expected shortfall*, que tal como o *exposure CoVaR*, procura captar o risco de descapitalização de uma instituição financeira condicionada à que o sistema financeiro esteja em dificuldades. Esta medida é uma combinação linear do nível de alavancagem do banco e a sua perda marginal esperada (*marginal expected shortfall*), que é dada pelo retorno médio do banco nos 5% piores dias do mercado. Uma vantagem deste modelo é que considera as duas fontes de risco para as instituições: a fragilidade individual de cada uma delas e a sua vulnerabilidade às ligações com outras instituições e às correlações entre os activos.

Brownlees e Engle (2011) refinaram a metodologia de estimação da perda marginal esperada proposta por Acharya et al. (2010). Empregando modelos TGARCH e de correlações dinâmicas, os autores estimaram as volatilidades condicionais das instituições e as suas correlações com o índice de mercado. Como medida de risco sistémico, os autores propuseram o índice de risco sistémico (*Systemic Risk Index – SRISK*), que capta o défice esperado de capital (*expected capital shortage*) de um banco dado o seu grau de alavancagem e sua perda esperada marginal. Bancos com um *SRISK* elevado são os que mais contribuem para a descapitalização do mercado em tempos de crise.

Uma medida relacionada com esta foi proposta em Huang et al. (2009), onde se desenvolveu um indicador de risco sistémico que representa um prémio de seguro hipotético contra perdas catastróficas na carteira das instituições financeiras – o *Distress Insurance Premium (DIP)*. A importância sistémica de uma instituição é

então medida como a sua contribuição marginal para o DIP agregado e é função da sua dimensão, probabilidade de *default* e correlações com outros activos.

Segoviano e Goodhart (2009) definiram medidas de estabilidade bancária para captar as relações de dependência das perturbações financeiras entre as instituições financeiras. Através de uma abordagem não-paramétrica, o CIMDO⁵-cópulas, os autores modelaram a densidade multivariada que permitiu estimar a probabilidade conjunta de falência de todos os bancos no sistema (*joint probability of distress*). Como indicador de importância sistémica foi proposta a probabilidade de pelo menos um banco falir (*Probability that At least One bank become distressed – PAO*), dada a falência de um banco específico. A PAO quantifica os potenciais efeitos “em cascata” que a insolvência de um banco pode provocar, contudo, não considera a dimensão do impacto das perturbações financeiras, ou seja, quantos mais bancos podem ser afectados.

Para colmatar esta lacuna Zhou (2009) propôs o *Systemic Impact Index* (SII), que mede o número esperado adicional de falências no sistema bancário, dado um banco ter falido. O autor definiu também o *Vulnerability Index* (VI) que mede a probabilidade de falência de um banco dado a existência de pelo menos mais uma falência no sistema. Com recurso a teoria do valor extremo, o autor estimou três medidas de importância sistémica (PAO, SII e VI), tendo-as relacionado, através de coeficientes de correlação, à dimensão dos bancos por forma a verificar se a dimensão é determinante da importância sistémica dos bancos.

Tarashev et al. (2010) sugerem uma metodologia diferente para a determinação da importância sistémica dos bancos, que consiste na atribuição do risco total do

⁵ *Consistent Information Multivariate Density Optimizing*

sistema a cada instituição. Esta metodologia, denominada *Shapley Value*, deriva da teoria de jogos cooperativos e comporta a alocação de um benefício colectivo criado por um grupo a cada um dos seus elementos. O risco total do sistema é atribuído a cada instituição com base na sua contribuição marginal média para cada um das outras instituições que compõem o sistema e a importância sistémica é dada pela parcela de risco sistémico que lhe é atribuída – quanto maior o *shapley value* de uma instituição, maior a sua importância sistémica.

No âmbito dos estudos que analisam a estrutura de rede e interligações entre os bancos, Hu et al. (2010), considerando as relações interactivas entre os bancos como uma rede financeira, desenvolveram um algoritmo de estimativa de risco, o *Link-Aware Systemic Estimations of Risks (LASER)*, que integra técnicas de *Business Intelligence (BI)* e de simulação. O algoritmo BI-LASER oferece um conjunto de ferramentas eficazes para a identificação do risco no sistema bancário e para apoiar a tomada de decisões na monitorização desse mesmo risco.

Pokutta et al. (2011) afirmam que os passivos entre as instituições financeiras formam uma rede e que a compensação de tais passivos, e consequente risco de contágio e de *default*, dependem da estrutura dessa rede. Através da técnica de programação linear e visando avaliar o risco que um banco impõe ao sistema não cumprindo as suas obrigações, os autores criaram um vector de compensações que permite obter duas medidas de risco: o número adicional de falências que a falência de um banco pode causar, dado pelo *Contagion Risk Indicator (CRI)* e uma medida para a eficiência do resgate de determinada instituição, o *Funding Risk Indicator (FRI)*.

Cont et al. (2010) propuseram o índice de contágio (CI) como medida da importância sistémica das instituições, definido como as perdas esperadas para a rede provocadas pelo *default* de uma instituição quando o sistema financeiro é sujeito a um choque de mercado. Este indicador permitiu analisar o potencial para o contágio de falências no sistema financeiro brasileiro, tendo-se avaliado, posteriormente, a contribuição da dimensão dos bancos e da estrutura de rede para o risco sistémico. Hautsch et al. (2011) sugeriram um beta para o risco sistémico que, explicitamente, tem em conta as interligações da instituição com o sistema financeiro. O beta sistémico, que mede o efeito marginal do VaR individual da instituição no VaR do sistema financeiro, foi estimado com recurso a regressões de quantis de dois estágios, tendo-se identificado canais relevantes de potencial risco de *spillover* entre as instituições que constituíam a topologia da rede financeira.

Billio et al (2010) utilizaram a análise da componente principal e os testes de causalidade de Granger para captar mudanças na dependência e na direcção das correlações entre os retornos mensais de fundos de cobertura, bancos, corretores e companhias de seguro. A filosofia por detrás da sua análise é que as relações estatísticas entre retornos podem transmitir, de forma indirecta, informações de valor sobre a acumulação do risco sistémico. Os autores propuseram-se a medir os “quatro L’s” do risco sistémico – *liquidity, leverage, linkages and losses* – através de medidas econométricas como coeficientes de autocorrelação e modelos de *regime-switching*.

A análise de dívida contingente engloba os trabalhos de Lehar (2005) e Elsinger et al. (2006). Lehar (2005) propôs três medidas de risco sistémico baseadas nas correlações e dinâmicas entre a carteira de activos dos bancos e os passivos: a distância ao incumprimento, a probabilidade de incumprimento e a perda esperada.

Elsinger et al. (2006) estenderam a análise de Lehar (2005), tendo construído duas medidas de risco sistémico: o VaR incremental, que mede a contribuição individual dos bancos para o VaR do sistema financeiro e a perda esperada condicional que mede o aumento do passivo do regulador dado o *default* de um banco. Com recurso a regressão de painéis os autores procuraram explicar em que medida algumas características individuais dos bancos podem ajudar a explicar e prever o seu risco sistémico.

Outras medidas de risco sistémico foram propostas mais recentemente, considerando perspectivas e metodologias diferentes. Cerutti et al. (2012) salientam a importância da análise do risco sistémico global, uma vez que instituições globais sistemicamente importantes podem causar efeitos adversos não apenas no país de origem, mas para toda a economia internacional. Os autores chamam a atenção sobre a fraca adequação dos dados disponíveis para medir o risco sistémico global e procuram identificar áreas prioritárias em que são necessárias melhorias de tais dados, de forma a se fornecer perspectivas globais sobre riscos potenciais e sobre a estabilidade financeira e supervisão macro-prudencial internacionais. A iniciativa para a cobertura de *gaps* de dados dos G20, que recomenda a colecta de dados consistentes a nível dos bancos para análises conjuntas e a melhoria das estatísticas agregadas e das estatísticas bancárias internacionais do BIS, é um grande passo nesse sentido. Outro desenvolvimento significativo na área de avaliação do risco sistémico global é a metodologia proposta pelo BCBS (2011) para a avaliação da importância sistémica dos bancos globais.

Lund-Jensen (2012) afirma que a implementação bem-sucedida da política macro-prudencial depende da capacidade de identificar e estimar o risco em tempo

real e, nesse sentido, propôs um modelo binário de resposta com efeitos fixos para avaliar a probabilidade condicional de uma crise bancária sistémica. O principal resultado foi o que o nível de risco sistémico depende de vários factores que podem ser utilizados como sinais de crise, emitidos sempre que determinado factor esteja acima do limite estabelecido. Tais limites são dinâmicos, dependendo do estado da economia, medido como uma combinação dos outros factores de risco.

De Nicoló e Luchetta (2012) começam por enumerar as limitações dos actuais modelos de avaliação do risco sistémico dizendo que estes incidem sobre segmentos do sector financeiro sem considerar a evolução da economia real e que ainda não há uma avaliação sistemática do seu poder de previsão e, de seguida, propõem um modelo de monitoramento do risco sistémico que cobre estas lacunas. O modelo combina uma metodologia de vectores auto-regressivos de factores dinâmicos e técnicas de regressão de quantis para a construção de indicadores de previsão de risco sistémico.

Por fim, importa ressaltar que, como afirmam Bisias et al. (2012), é necessária mais do que uma medida de risco sistémico para captar a natureza complexa e adaptável do sistema financeiro. De fato, nenhuma medida é perfeita e completa, apresentando tanto pontos fortes como fracos, sendo apropriado a utilização de um conjunto de medidas, que vai de encontro ao objectivo da avaliação. No contexto macro-prudencial, o BCE (2010) defende que os decisores de política devem contar com uma ampla gama de medidas e ferramentas que abranjam diferentes partes do sistema financeiro e diferentes choques e mecanismos de transmissão de instabilidade financeira.

2.2.1. CoVaR e ΔCoVaR

A medida proposta por Adrian e Brunnermeier (2011) tem base numa medida amplamente utilizada no cálculo do risco idiossincrático das instituições financeiras e do capital regulamentar, o VaR. Segundo Jorion (2001), o VaR mede a pior perda potencial sob condições normais de mercado, dentro de um horizonte temporal e nível de confiança determinados e pode ser dado pela equação:

$$\Pr(R_t^i \leq VaR_{\alpha,t}^i) = \alpha \quad (1)$$

R_t^i representa os retornos do banco i e α o percentil da sua distribuição. Os retornos são estimados de forma contínua, através da equação $R_t^i = \ln \frac{P_t}{P_{t-1}}$, em que P representa o preço do activo (nos períodos t e $t-1$). Assumindo que os retornos são independentes e identicamente distribuídos e que seguem uma distribuição normal, o VaR⁶ pode ser estimado através da equação:

$$VaR_t^i(\alpha) = -\varphi^{-1}(\alpha)\sigma_t^i \quad (2)$$

Sendo σ_t^i o desvio padrão da série de retornos do banco i e $\varphi^{-1}(\alpha)$ a função inversa da normal. Para o presente estudo foi considerado um nível de significância de 5%. O CoVaR capta as perdas no sistema financeiro em caso de uma instituição financeira em particular se encontrar em dificuldades financeiras. É a probabilidade α de que os retornos do sistema financeiro sejam inferiores ou iguais ao seu VaR, dado que os retornos da instituição i igualam o VaR desta:

⁶ Segundo Jorion (2001), o atributo mais importante do VaR é a sua transparência pois, em um único número, transmite o risco em termos de perda potencial de forma simples e compreensível.

$$\Pr(R_t^S \leq CoVaR_{\alpha,t}^{S|i} | R_t^i = VaR_{\alpha,t}^i) = \alpha \quad (3)$$

Onde R_t^S representa o retorno do sistema, $CoVaR_{\alpha,t}^{S|i}$ o VaR do sistema condicional ao evento relacionado com a instituição i e $R_t^i = VaR_{\alpha,t}^i$ o evento condicionador. Assumindo uma distribuição normal conjunta dos retornos do banco e do sistema e estandardizando a equação em (3), resulta que o CoVaR pode ser estimado a partir da equação (4) abaixo, onde σ_t^S é o desvio-padrão dos retornos do sistema e ρ_t a correlação entre os retornos do sistema e do banco.

$$CoVaR_t^i(\alpha, \gamma) = \varphi^{-1}(\gamma)\sigma_t^S\sqrt{1-\rho_t^2} + \varphi^{-1}(\alpha)\rho_t\sigma_t^S \quad (4)$$

A contribuição de cada instituição para o risco sistémico pode então ser estimada através do $\Delta CoVaR_{\alpha,t}^{S|i}$, diferença entre o VaR condicional do sistema financeiro, quando a instituição exhibe perturbações financeiras e o VaR incondicional do sistema financeiro, quando a instituição i se encontra no seu estado mediano.

$$\Delta CoVaR_{\alpha,t}^{S|i} = CoVaR_{\alpha,t}^{S|R^i=VaR_{\alpha}^i} - CoVaR_{\alpha,t}^{S|R^i=Median^i} \quad (5)$$

Assumindo mais uma vez a normalidade dos dados e conjugando as equações em (4) e (5), tem-se que o $\Delta CoVaR$ é estimado pela equação (6) abaixo, dado que o valor da mediana na função inversa da normal estandardizada é nulo. A dedução da equação é apresentada no anexo II.

$$\Delta CoVaR(\alpha, \alpha) = \varphi^{-1}(\alpha)\rho_t\sigma_t^S \quad (6)$$

Se nas equações (5) e (6) se substituir o s do sistema financeiro por j que representa outra instituição financeira, pode-se obter as correlações de risco entre as instituições i e j . Esta é a ideia implícita na matriz de contágios, sugerida por Almeida et al. (2012), que permite identificar tanto os bancos que contribuem para o risco dos outros, como os que mais são “contagiados” pelos outros. A matriz apresenta nas colunas o efeito de contágio do banco j pelo banco i ($\Delta CoVaR_{\alpha}^{j|i}$) e nas linhas como o banco i é contagiado pelo banco j ($\Delta CoVaR_{\alpha}^{i|j}$). O total das colunas representa o somatório do contágio de um banco aos outros e o total das linhas representa o quanto um banco é contagiado pelos outros.

Quadro I. Modelo de Matriz de Contágios

Bancos	Banco 1	Banco 2	Banco 3	Banco 4	Total
Banco 1	-	$\Delta CoVaR^{1 2}$	$\Delta CoVaR^{1 3}$	$\Delta CoVaR^{1 4}$	B_1
Banco 2	$\Delta CoVaR^{2 1}$	-	$\Delta CoVaR^{2 3}$	$\Delta CoVaR^{2 4}$	B_2
Banco 3	$\Delta CoVaR^{3 1}$	$\Delta CoVaR^{3 2}$	-	$\Delta CoVaR^{3 4}$	B_3
Banco 4	$\Delta CoVaR^{4 1}$	$\Delta CoVaR^{4 2}$	$\Delta CoVaR^{4 3}$	-	B_4
Total	A_1	A_2	A_3	A_4	

2.3. Determinantes do Risco Sistémico

Dada a importância do risco sistémico para os bancos e para a economia em geral, além de identificá-lo e medi-lo, é importante estudar os factores que contribuem para a sua materialização, isto é, os seus determinantes. Muitos dos trabalhos propostos para medir o risco sistémico e a contribuição dos bancos, também procuravam avaliar como determinadas características individuais dos bancos seja, a sua dimensão, o nível de endividamento, o beta das acções, entre outras, poderiam explicar o nível de risco do banco, ou ajudar a prevê-lo.

Adrian e Brunnermeier (2011) avaliaram se a contribuição para o risco sistémico poderia ser prevista a partir de características desfasadas das instituições. Os resultados mostraram que instituições com elevado endividamento, grande desfasamento de vencimentos e de grande dimensão tendem a ser associadas com maiores contribuições para o risco sistémico. Os autores também analisaram a relação entre o risco individual das instituições e a contribuição para o risco sistémico (VaR *versus* ΔCoVaR), tendo encontrado uma fraca ligação entre as duas medidas quando comparadas entre instituições, mas uma forte ligação quando analisada a sua correlação ao longo do tempo.

Contrariamente, Girardi e Ergün (2012) encontraram uma fraca relação entre o VaR e o ΔCoVaR , tanto transversal quanto temporalmente e, que assim sendo, requisitos de capital determinados exclusivamente com base no risco individual das instituições, podem não ser suficientes para isolar o sistema financeiro contra o risco sistémico. Avaliando a relação entre o ΔCoVaR e as outras características dos bancos, encontrou-se uma relação positiva e logarítmica entre as variáveis dimensão e grau de endividamento e o risco sistémico e uma relação positiva mais forte que as anteriores entre o beta das instituições e o risco sistémico. No entanto, o efeito do endividamento sobre o risco é assimétrico, sendo significativo apenas em épocas de baixa no mercado.

Acharya et al. (2010) e Brownlees e Engle (2011) também identificaram a dimensão, o nível de endividamento e o beta das acções como factores importantes para explicar a contribuição das instituições para o risco sistémico. Elsinger et al. (2006) analisaram como as medidas de risco por eles propostas, podiam ser explicadas por um conjunto de características individuais dos bancos. Os resultados

mostraram que a dimensão e o rácio interbancário⁷ são elementos significativos para a determinação do VaR adicional, sendo que este último aumenta com os primeiros. A perda esperada condicional aumenta com a autonomia financeira dos bancos e diminui com o aumento do retorno sobre os ativos médios.

Um resultado interessante do estudo de Elsinger et al. (2006) é que bancos grandes contribuem desproporcionalmente mais para o risco sistémico. Esse resultado colide com o encontrado por Zhou (2009), que na sua análise empírica aos 27 maiores bancos dos EUA, não encontrou uma relação significativa entre as variáveis de risco estimadas e a dimensão das instituições. Cont et al. (2010), embora tenham encontrado uma relação não significativa entre o risco sistémico e a dimensão, medida pelos activos interbancários, encontraram um resultado diferente quando considerada a dimensão pelo lado dos passivos interbancários. No entanto, é de ressaltar que, embora exiba uma forte correlação, a dimensão dos passivos bancários não explica totalmente a variação do índice de contágio, estando implícito que outros factores, para além da dimensão, contribuem para a importância sistémica dos bancos.

Moore e Zhou (2012) analisando o nível de importância sistémica das instituições, concluíram que a dimensão é um factor determinante, embora a relação seja não-linear, dependendo das condições macroeconómicas. Para além da dimensão, os autores encontraram outras características que determinam, de forma significativa, a importância sistémica de um banco: o montante de financiamento a curto prazo, o nível de endividamento, o valor dos juros e o volume de créditos mal-parados. O primeiro determinante tem um efeito positivo sobre a importância sistémica dos bancos enquanto os três últimos têm um efeito negativo.

⁷ O rácio interbancário representa o quociente entre o dinheiro emprestado por um banco aos outros e o dinheiro que o banco recebe emprestado de outros bancos.

3. DADOS E METODOLOGIA

3.1. Amostra

Para a análise da contribuição dos bancos para o risco sistémico foram considerados os preços de fecho diários ajustados dos quatro bancos portugueses cotados em bolsa – O BANIF, SGPS, SA., O Banco Comercial Português (BCP), O Banco Espírito Santo (BES) e o Banco Português de Investimento (BPI) – e do *PSI financials*, índice de acções, utilizado como *aproximação* ao comportamento acionista do sistema financeiro. Os dados abrangeram o período de 2 de Janeiro de 2007 até 30 de Dezembro de 2011 e foram retirados da base de dados *Datastream*.

Para a análise dos determinantes do risco sistémico foram considerados os dados dos balanços trimestrais dos bancos para o período em apreço, obtidos nos relatórios e contas disponíveis nas páginas Web dos respetivos bancos.

3.2. Especificação dos Modelos e Metodologia

Embora Adrian e Brunnermeier (2011) tenham utilizado regressões de quantis para estimar o CoVaR, ressaltaram que esta não é única metodologia e que se pode recorrer também a modelos de heterocedasticidade condicional, como o GARCH, metodologia aplicada no presente estudo.

Para estimar o VaR foi necessário identificar, numa primeira fase, os modelos de volatilidade adequados para as séries de retornos, uma vez que, conforme apresentado na equação (4), estas medidas dependem das volatilidades das séries. A literatura sugere que o modelo GARCH(1,1) é, geralmente, suficiente para captar a dinâmica das séries, pelo que optou-se pela sua utilização.

Assim, com base no *software Eviews 7.0*, foram estimados modelos GARCH (1,1) com uma estrutura auto-regressiva de ordem 1 [AR(1)] para a média condicional. A partir dos modelos definidos (Tabela B, Anexo 3), foram obtidas as séries da variância condicional e consequente volatilidade, e posteriormente estimado o Var_t^i de cada banco com recurso a equação (2).

Para a estimação do $\Delta CoVaR$ foi seguido um processo similar, tendo sido necessário obter a série de variâncias e covariâncias entre cada um dos bancos e o sistema financeiro. Nesse sentido, foi utilizado um modelo GARCH Diagonal VECH, como proposto por Adrian e Brunnermeier (2011), para modelizar a variância e as correlações entre os retornos do banco i e do sistema financeiro s , conforme apresentado no anexo I. Obtidas a variância do sistema e a correlação entre o banco e o sistema, foi estimado o $\Delta CoVaR_t^i$, aplicando a equação (6).

Para análise de diagnóstico dos modelos foram efectuados, tanto para os modelos univariados como para os bivariados, testes de análise dos resíduos e dos resíduos estandardizados através da FAC e da FACP⁸, de significância estatística, estacionariedade e de Ljung-Box e ARCH-LM, testes de auto-correlação de *portmanteau* do tipo Ljung-Box (Tabela C, Anexo 3), que atestaram uma correta especificação dos modelos, com excepção do BPI, cujo modelo que melhor captou as dinâmicas da variância dos seus retornos foi o GARCH(1,2).

A modelização bivariada foi também empregue para a análise do contágio entre os bancos, substituindo-se, nesse caso, o sistema s pela instituição j . Os testes necessários para a validação do modelo foram aplicados, os modelos mais adequados

⁸ FAC – função de auto-correlação; FACP – função de auto-correlação parcial

selecionados e o risco sistémico entre bancos estimados, mais uma vez, com recurso à equação (6).

Por fim, para a análise dos determinantes do risco sistémico nos bancos, foi utilizado um modelo de regressão linear múltipla para cada um dos bancos, estimado pelo método de mínimos quadrados ordinários (OLS), com a seguinte especificação:

$$\Delta CoVaR_{\alpha, tr}^{s|i} = \beta_0 + \beta_1 Beta_{tr}^i + \beta_2 Dim_{tr}^i + \beta_3 End_{tr}^i + \varepsilon_{tr}^i \quad (7)$$

em que a variável dependente, $\Delta CoVaR_{\alpha, tr}^{s|i}$, representa a contribuição trimestral do banco i para o risco sistémico, calculada como média do $\Delta CoVaR$ diário, estimado através do GARCH. As variáveis explicativas do modelo são: (1) $Beta_{tr}^i$, que representa o beta das acções do banco, calculado a partir dos retornos diários de cada banco e do PSI20⁹ para o trimestre; (2) Dim_{tr}^i , a dimensão do banco, calculada como o logaritmo dos ativos totais; (3) End_{tr}^i , que representa o nível de endividamento do banco, calculado como o rácio entre o total de ativos e o capital próprio, conforme especificado em Adrian e Brunnermeier (2011) e Girardi e Ergün (2012). ε_{tr}^i é o termo residual, assumido como independente e identicamente distribuído.

Para detectar problemas de multicolinearidade entre as variáveis explicativas, foi construída uma matriz de correlações (Tabela D, Anexo 3), de forma a testar a hipótese de não existência de relação linear perfeita entre estas. As hipóteses do modelo de regressão foram avaliadas através dos testes de significância global das variáveis explicativas (estatística F) e de normalidade dos resíduos (Jarque-Bera), tendo sido estimado também o grau de ajuste da regressão (R^2 ajustado), apresentados na Tabela E no Anexo 3.

⁹ Os dados do PSI20 foram extraídos da base de dados *Datastream* para o período em apreço.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1. Estatísticas Descritivas

A Tabela I apresenta as estatísticas descritivas das séries de retornos diários dos bancos e do sistema financeiro expressas em percentagem.

Tabela I. Estatísticas Descritivas das Séries de Retornos

	R^{BANIF}	R^{BCP}	R^{BES}	R^{BPI}	R^{PSIF}
Média	-0.2059	-0.2226	-0.1447	-0.1862	-0.1674
Mediana	0.0000	-0.1762	-0.0290	-0.1531	-0.0804
Máximo	11.3930	15.4348	15.3017	11.1337	12.0005
Mínimo	-12.6629	-14.5585	-13.2226	-11.6464	-11.2768
Desvio Padrão	2.4960	2.5946	2.4086	2.4801	2.0282
Assimetria	-0.0926	-0.0341	0.3203	0.1047	-0.0461
Curtose	6.6643	6.1943	8.3639	5.9802	7.0623
Jarque-Bera	718.48	544.87	1557.58	476.39	881.27
Probabilidade	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Observações	1281	1281	1281	1281	1281

Fonte: Elaboração própria com base no *Eviews*

Todos os bancos e o sistema apresentaram rendibilidades médias negativas próximas de -0,2%, com excepção do BES, cujo retorno médio foi de -0,14%. O BCP apresentou a volatilidade diária mais elevada, embora todos os bancos tenham volatilidades altas, o que pode derivar do período turbulento desde a eclosão da crise. O valor mediano de zero para o retorno do BANIF pode ser explicado pela reduzida liquidez deste título quando comparado aos títulos dos outros três bancos.

Os coeficientes de assimetria e curtose mostram que as séries não são simétricas e apresentam caudas pesadas, indicando a existência de valores muito afastados da média (*outliers*). Tal pode ser justificado pelas fortes variações dos preços, que tendem a ser negativas, e que tornam estas características, factos estilizados das séries financeiras. O *p-value* da estatística de Jarque-Bera permite rejeitar a hipótese nula de normalidade dos retornos.

No anexo 3, tabelas F e G, são apresentadas as estatísticas descritivas das medidas de risco, VaR e ΔCoVaR , e das variáveis trimestrais utilizadas na análise dos determinantes do risco sistémico.

4.2. ΔCoVaR versus VaR

A Tabela II mostra o *ranking* dos bancos em termos de risco individual (VaR) e de risco sistémico (ΔCoVaR) médios, medidos em percentagens. O BCP foi o banco que apresentou níveis mais altos de risco individual e de risco sistémico, com 4,22% e 2,84% respectivamente. O valor de 2,84% para a estimativa do ΔCoVaR significa que, se ocorrerem perturbações financeiras no BCP (com os retornos a atingirem o nível do VaR), o VaR do sistema financeiro aumenta, em média, nessa dimensão quando comparado ao estado normal.

Olhando para os outros bancos, nota-se que apesar do BANIF evidenciar um VaR superior ao do BPI e do BES, em termos sistémicos, estes últimos apresentam maior contribuição para o risco do sistema, o que demonstra que bancos com elevado risco individual não têm necessariamente maior risco sistémico. Este resultado corrobora a afirmação de Girardi e Ergün (2012), de que a definição de requisitos de capital com base em medidas de risco individuais pode não ser suficiente para ‘conter’ o risco sistémico.

Tabela II. Ranking do Risco Individual e Sistémico dos Bancos

Ranking	Banco	VaR (5%)	Banco	ΔCoVaR (5%)
1	BCP	4,2168	BCP	2,8394
2	BANIF	3,9420	BES	2,7747
3	BPI	3,8421	BPI	2,4553
4	BES	3,6694	BANIF	1,8508

Fonte: Elaboração Própria

No entanto, considerando a relação entre as duas medidas de risco numa dimensão temporal, o Gráfico 1 (Anexo 3) evidencia uma forte dependência entre o VaR e o ΔCoVaR para cada um dos bancos, confirmando os resultados encontrados em Adrian e Brunnermeier (2011). Pode-se então concluir que embora um elevado VaR não seja necessariamente um sinal de elevada importância sistémica, é importante monitorar os bancos que apresentem este indicador elevado, uma vez que, no decorrer do tempo, pode influenciar a ‘sistemicidade’ de tal banco. Moore e Zhou (2012) afirmam que para reduzir o risco total do sistema, os reguladores devem considerar um equilíbrio entre importância sistémica e risco individual.

4.2.1. Matriz de Contágios

Além de estimar a contribuição dos bancos para o risco sistémico, o ΔCoVaR permitiu também analisar a estrutura de correlação entre os bancos, identificando os bancos mais ‘nocivos’ para os outros e os que são muito influenciados pelos outros. A Tabela III apresenta a matriz de contágios entre os bancos da amostra, em que o Banco com maior efeito contagiante e, ao mesmo tempo, mais vulnerável aos problemas financeiros de outros bancos é o BCP, como mostram os totais de coluna e linha respectivamente, com os valores máximos de 6,06%.

Tabela III. Matriz de Contágio dos Bancos (valores em %)

Bancos	BANIF	BCP	BES	BPI	TOTAL
BANIF	-	1,64	1,76	1,39	4,79
BCP	1,50	-	2,38	2,18	6,06
BES	1,46	2,07	-	1,98	5,51
BPI	1,45	2,35	1,86	-	5,70
TOTAL	4,41	6,06	6,04	5,55	

Fonte: Elaboração Própria com base no Eviews

Tal que pode ser explicado pela sua elevada dimensão, sustentando o argumento de que bancos maiores tendem a ter elevada importância sistémica, ao mesmo tempo que estão mais expostos aos retornos críticos dos outros bancos no sistema. Uma análise ao comportamento de linha (exposição ao contágio) mostra que o BANIF é mais afectado por problemas no BES (1,76%), enquanto no sentido contrário (coluna – capacidade de contágio), afecta mais o BCP (1,50%). A mesma análise pode ser estendida aos outros bancos da amostra.

4.3. Determinantes do Risco Sistémico

Os resultados da estimação do modelo de regressão para cada um dos bancos, em que a variável dependente é o ΔCoVaR , são apresentados na Tabela IV.

Tabela IV. Regressões do Risco Sistémico (ΔCoVaR)

Variáveis Explicativas	BANIF	BCP	BES	BPI
C	-0,6365*** (0,0016)	-1,7923** (0,0239)		-0,1675 (0,6917)
Beta	0,0074 (0,2544)	-0,0116 (0,2697)	0,0593** (0,0134)	0,0285* (0,0741)
Dim	0,0367*** (0,0015)	0,0974** (0,0224)	-0,0030** (0,0198)	0,0087 (0,7228)
End	0,0035*** (0,0044)	0,0034*** (0,0045)	0,0026** (0,0415)	0,0007*** (0,0067)
R ² ajustado	0,419434	0,385696	0,507875	0,596411
Número de Observações	20	20	20	20

Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados do Eviews

Nota: (***), (**) e (*) indicam coeficientes estatisticamente significativos a níveis de confiança de 1%, 5% e 10% respetivamente.

Os coeficientes estimados traduzem a sensibilidade do ΔCoVaR às características individuais dos bancos, permitindo avaliar a importância das mesmas para a previsão da importância sistémica do banco. Por exemplo, se a dimensão do

BCP aumentar em 15%, isso significa que o seu ΔCoVaR , isto é, a sua contribuição para o risco do sistema, irá aumentar em cerca de 1,46%.

Pode-se observar que o nível de endividamento é significativamente explicativo do risco sistémico de todos os bancos em análise, apresentando uma relação positiva com este, o que quer dizer que, quando o nível de endividamento do banco aumenta a sua contribuição para o risco sistémico também aumenta. Este resultado vai de encontro aos de estudos prévios, e.g. Adrian e Brunnermeier (2011), Acharya et al. (2010) e Brownlees e Engle (2011), que identificaram um efeito positivo do nível de endividamento nas suas medidas de risco sistémico. Bancos com elevado endividamento estão mais expostos a crises amplas de liquidez como resultado do *spillover* negativo de liquidações forçadas dentro do sistema financeiro, portanto, é de esperar que esta variável tenha um relacionamento positivo com o risco sistémico.

O beta das acções também apresentou um efeito positivo e significativo sobre a importância sistémica do BES e do BPI, o que quer dizer que quanto maior o beta dos bancos, maior a sua importância sistémica. Um beta elevado, significa uma maior interacção entre o banco e o mercado e, consequentemente, maior vulnerabilidade à choques que afectam o mercado como um todo. Portanto, quanto maior o risco de mercado (beta), maior a importância sistémica. Comparando com a literatura, constata-se que em Adrian e Brunnermeier (2011) e Girardi e Ergün (2012), esta relação foi significativa para todas as instituições que constituíam a amostra, com a predominância deste determinante sobre os outros no estudo de Girardi e Ergün (2012). As diferenças nos resultados podem decorrer da metodologia utilizada para a estimação do beta.

O debate sobre “*too big to fail*” sugere que a dimensão é o principal factor determinante da importância sistémica dos bancos. Bancos grandes geralmente possuem muitas conexões e ligações com outros bancos e a probabilidade de que uma falência ou perturbações financeiras nesses bancos se alastrem para os outros é alta, o que sugere uma relação positiva entre a dimensão e a importância sistémica. Como era de esperar, o modelo mostra um efeito positivo da dimensão dos bancos sobre a importância sistémica para o BANIF e o BCP. No entanto, para o BES, a relação mostra-se, inesperadamente inversa, evidenciando um efeito negativo da dimensão sobre a importância sistémica.

Confrontando com estudos prévios, verificou-se um efeito positivo da dimensão sobre a importância sistémica em Adrian e Brunnermeier (2011), Girardi e Ergün (2012) e Acharya et al. (2010). Zhou (2009) constatou que não havia uma relação significativa entre a dimensão dos bancos e a sua importância sistémica enquanto Moore e Zhou (2012) encontraram um efeito positivo, mas não linear, dependente das condições macroeconómicas.

De forma geral, os coeficientes de determinação (R^2 ajustado) dos modelos de cada banco apresentam valores moderados, o que sugere que estes conseguem explicar, correctamente, parte do comportamento da importância sistémica. Assim, pode-se considerar que outros factores, para além destes, tais como o ambiente macroeconómico, a conjuntura internacional, o modelo de negócios e quadro legal do local de actuação dos bancos, conforme sugeridos nos estudos de De Nicoló e Luchetta (2012), Moore e Zhou (2012) e BCBS (2011), contribuem para a determinação do risco sistémico de determinado banco.

5. CONCLUSÃO

O presente estudo tinha como objectivo principal estimar a contribuição individual dos bancos portugueses para o risco do sistema financeiro, mediante a aplicação da medida proposta por Adrian e Brunnermeier (2011) – o ΔCoVaR . Para uma amostra contendo as cotações de fecho diárias dos quatro bancos portugueses cotados em bolsa e do PSI *Financials* (utilizado como proxy do sistema financeiro), cobrindo o período de 2007 a 2011, foi estimada a contribuição marginal dos bancos para o risco sistémico, o seu risco individual (VaR) e as relações de contágio entre estes, através de modelos GARCH.

Adicionalmente, examinou-se em que medida as características individuais dos bancos, a dimensão, o nível de endividamento e o beta das acções, contribuíam para determinar a sua importância sistémica, tendo-se recorrido a modelos econométricos de regressão linear múltipla.

Os resultados sugerem que o banco que mais contribui para o risco sistémico é o BCP, que também apresenta o nível mais alto de risco individual. O BES, com o VaR mais baixo da amostra, é o banco com menor risco individual enquanto a nível sistémico, o banco que menos contribui para o risco é o BANIF. Numa dimensão temporal, constatou-se uma forte correlação entre o risco individual e a importância sistémica, medidos pelo VaR e ΔCoVaR , respectivamente, tal como em Adrian e Brunnermeier (2011).

A construção da matriz de contágios entre os bancos permitiu verificar que o banco mais propenso a ‘contaminar’ o mercado, e que, ao mesmo tempo, apresenta-se mais vulnerável a choques de outros bancos é o BCP. O BES foi o segundo banco com maior efeito contagiante, trocando de posição com o BPI quando considerado o

acto de ser contagiado. O BANIF apresentou os menores índices, tanto de contágio quanto de ser contagiado.

No que concerne aos determinantes do risco sistémico, encontraram-se resultados similares aos estudos prévios, embora com algumas matizes diferentes. Verificou-se um efeito positivo do nível de endividamento e do beta das ações na contribuição dos bancos para o risco sistémico, analogamente aos estudos de Adrian e Brunnermeier (2011), Acharya et al. (2010), Girardi e Ergün (2012) e Brownlees e Engle (2011). Assim, bancos com elevado nível de endividamento e beta de mercado devem ser monitorados de perto e taxados de acordo com estas medidas de forma a garantir que haja “*buffer capital*” suficiente em caso de choques.

Relativamente à dimensão dos bancos, verificaram-se resultados contraditórios, dependendo do banco analisado. De facto, enquanto a variável exibiu um efeito positivo sobre a importância sistémica do BANIF e do BCP, para o BES o relacionamento mostrou-se negativo. A literatura prévia sobre o impacto da dimensão dos bancos sobre a sua importância sistémica também apresenta resultados diversos, desde estudos como os de Adrian e Brunnermeier (2011), Girardi e Ergün (2012), Acharya et al. (2010) e Brownlees e Engle (2011) a sugerirem um efeito positivo da dimensão sobre a importância sistémica dos bancos aos de Cont et al. (2010) e Moore e Zhou (2012), que sugerem um efeito positivo, embora não linear, sendo que esta última é também condicionada por outros factores.

De forma agregada, os resultados mostram que as características individuais dos bancos podem ajudar a prever a sua importância sistémica. A dimensão, tanto como o endividamento e o beta de mercado são fatores relevantes para projetar o comportamento sistémico de um banco, não se devendo, no entanto, descuidar de

outras características macroeconómicas, de conjuntura e legais que possam ser relevantes para a determinação da contribuição marginal de um banco para o risco sistémico.

Como já referido, o presente trabalho teve algumas limitações em termos de selecção de amostra e de modelo. Uma vez que apenas 4 bancos estão cotados, não foi possível estender a amostra aos outros bancos domésticos com importância relevante para o sistema financeiro e que, de modo significativo, afectam tanto o sistema quanto os outros bancos. Como resultado de uma amostra reduzida, não foi possível a aplicação do modelo de regressão com dados em painel para a análise dos determinantes do risco sistémico, como sugerido e efectuado nos estudos que serviram de base para o trabalho.

Sugere-se, para pesquisas futuras, a utilização de variáveis contabilísticas, como por exemplo, o valor do total de activos do banco, que permitam alargar a análise aos outros bancos portugueses. Outra perspectiva interessante de estudo consiste na inclusão de variáveis macroeconómicas no modelo que sejam espelho da conjuntura nacional e que permitam avaliar o impacto de choques exógenos na estabilidade do sistema. Dada a crescente concentração do sistema bancário português, seria também relevante analisar a relação desta e a sua importância para a exposição ao risco.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acharya, V., Pedersen, L., Philippon, T. & Richardson, M. (2010). *Measuring Systemic Risk*. Federal Reserve Bank of Cleveland Working Paper 10-02.
- Adrian, T. & Brunnermeier, M. (2011). *CoVaR*. Princeton University Working Paper.
- Agrippino, S. (2009). *Measuring Contagion and Interdependence: CoVaR*. Bocconi University.
- Almeida, A., Cunha, D. & Frascaroli, B. (2012). *Medidas de Risco e Matriz de Contágio: Uma aplicação do CoVaR para o Mercado Financeiro Brasileiro*. Fundação Gertúlio Vargas: Encontro Brasileiro de finanças.
- Basel Committee on Banking Supervision. (2011). *Global Systemically Important Banks: assessment methodology and the additional loss absorbency requirement*. Consultative Document. Bank for International Settlements.
- Benoit, S., Colletaz, G. & Hurlin, C. (2012). *A Theoretical and Empirical Comparison of Systemic Risk Measures: MES versus Δ CoVaR*. SSRN Paper 1973950. January.
- Bernard, C., Brechmann, E. & Czado, C. (2012). *Statistical Assessments of Systemic Risk Measures*. SSRN Paper 2056619. April.
- Billio, M., Getmansky, M., Lo, A. & Pelizzon, L. (2010). *Measuring Systemic Risk in the Finance and Insurance Sectors*. Working Paper – Centre for Applied Research in Finance – Università Commerciale Luigi Bocconi.
- Bisias, D., Flood, M., Lo, A. & Valavanis, S. (2012). *A Survey of Systemic Risk Analytics*. Office of Financial Research. Working Paper #0001.
- Brownlees, C. T., & Engle, R. (2011). *Volatility, Correlation and Tails for Systemic Risk Measurement*. New York University Paper.

- Carrasco, V., & Garcia, M. (2010). *CoVaR: Uma medida de risco sistémico para instituições financeiras no Brasil*. Departamento de Economia da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Disponível em <http://www.econ.puc-rio.br/mgarcia/>.
- Caruana, J. (2009). *Systemic Risk: how to deal with it?*. Bank of International Settlements: Other Publications.
- Cerutti, E., Claessens, S. & McGuire, P. (2012). *Systemic Risk in Global Banking: What Can Available Data Tell Us and What More Data are Needed*. BIS Working Papers Nº. 376.
- Cont, R., Moussa, A. & Santos, E. (2010). *Network Structure and Systemic Risk in Banking Systems*. SSRN Paper 1733528.
- De Bandt, O. & Hartmann, P. (2000). *Systemic Risk: A Survey*. ECB working paper Nº. 35.
- De Nicoló, G. & Lucchetta, M. (2012). *Systemic Real and Financial Risks: Measurement, Forecasting and Stress Testing*. IMF Working Paper WP/12/58.
- Elsinger, H., Lehar, A. & Summer, M. (2006). *Systemically Important Banks: An Analysis for the European Banking System*. International Economics and Economic Policy, Volume 3, Nº. 1:73–89.
- European Central Bank. (2009). *Financial Stability Review*. December 2009.
- European Central Bank. (2010). *Financial Stability Review*. December 2010.
- Financial Stability Board, International Monetary Fund & Bank of International Settlements. (2009). *Guidance to Assess the Systemic Importance of Financial Institutions, Markets and Instruments: Initial Considerations*. Report to G20 Finance Ministers and Governors of Central Banks.

- Furfine, C. (1999). *Interbank Exposures: Quantifying the Risk of Contagion*. BIS Working Paper N°. 70
- Girardi, G. & Ergün, A. (2011). *Systemic Risk Measurement: Multivariate GARCH estimation of CoVaR*. Department of Economics, Suffolk University, Boston MA.
- Hautsch, N., Schaumburg, J. & Schienle, M. (2011). *Financial Network Systemic Risk Contributions*. SFB 649 “Economic Risk”. Discussion Paper 2011-072.
- Hu, D., Zhao, J., Hua, Z. & Wong, M. (2010). *Network-based Modeling and Analysis of Systemic Risks in Banking Systems*. SSRN Paper 1702467.
- Huang, X., Zhou, H. & Zhu, H. (2009). *A Framework for Assessing the Systemic Risk of Major Financial Institutions*. Finance and Economics Discussion Series. Federal Reserve.
- Jorion, P. (2001). *Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk*. 2ª edição. USA: McGraw-Hill.
- Lehar, A. (2005). *Measuring Systemic Risk: A risk management approach*. Journal of Banking & Finance 29 (2005) 2577-2603.
- Lund-Jensen, K. (2012). *Monitoring Systemic Risk Based on Dynamic Tresholds*. IMF Working Paper WP/12/159.
- Moore, K. & Zhou, C. (2012). *Identifying Systemically Important Financial Institutions: size and other determinants*. DNB Working Paper N°. 347.
- Pokutta, S., Schmaltz, C. & Stiller, S. (2011). *Measuring Systemic Risk and Contagion in Financial Networks*. SSRN Working Paper 1773089.
- Segoviano, M. & Goodhart, C. (2009). *Banking Stability Measures*. IMF Working Paper 09/04.

- Tarashev, N., Borio, C. & Tsatsaronis, K. (2009). *The Systemic Importance of Financial Institutions*. BIS Quartely Review – September 2009.
- Tarullo, D. (2009). *Regulatory Restructuring*. Federal Reserve Broad. Disponível em: <http://www.federalreserve.gov/newsevents/testimony/tarullo20090723a.htm>
- União Europeia. (2010). *Regulamento N.º 1092/2010 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 24 de Novembro de 2010*.
- White, H., Kim, T. & Manganelli, S. (2010). *VAR for VaR: Measuring Systemic Risk Using Multivariate Regression Quantiles*. MPRA Paper of University Library of Munich 35372.
- Zhou, C. (2009). *Are Banks Too Big To Fail? Measuring Systemic Importance of Financial Institutions*. DNB Working Paper. N.º 232.

7. ANEXOS

ANEXO 1. Metodologia de Estimação do ΔCoVaR

O processo de estimação do ΔCoVaR é composto por três etapas. Primeiro procedeu-se a modelização das médias condicionais através de um sistema de vetor autorregressivo (VAR), cuja utilização é justificada pela necessidade de incorporar a eventual existência de *spillovers* na média condicional. O modelo assume uma especificação VAR(2), com $R_t = \mu_t + \varepsilon_t$, sendo $R_t = (R_t^s, R_t^i)$.

A segunda etapa consistiu na modelização da variância condicional através de um modelo GARCH, com especificação Diagonal VEC. O modelo DVECH é definido como: $\mathbf{H}_t = \mathbf{w} + \mathbf{a}_1 \circ \mathbf{u}_{t-1} \mathbf{u}_{t-1}' + \mathbf{b}_1 \circ \mathbf{H}_{t-1}$, em que \mathbf{w} , \mathbf{a}_1 e \mathbf{b}_1 são matrizes simétricas do tipo 2x2 e " \circ " é o produto de Hadamard. As variâncias e covariância são dadas por: $h_{11,t} = w_{11} + a_{11}u_{1,t-1}^2 + b_{11}h_{11,t-1}$, $h_{12,t} = w_{12} + a_{12}u_{1,t-1}u_{2,t-1} + b_{12}h_{12,t-1}$ e $h_{22,t} = w_{22} + a_{22}u_{2,t-1}^2 + b_{22}h_{22,t-1}$.

Com base nos critérios de informação (Akaike e Schwarz) e nas metodologias de diagnósticos (teste de *portmanteau*), selecionaram-se os modelos que mais se adequavam à variância condicional das séries conjuntas em análise. Obtidas as séries de variâncias e covariâncias, foi estimado o ΔCoVaR , através da equação (6), apresentada no trabalho: $\Delta\text{CoVaR}(\alpha, \alpha) = \varphi^{-1}(\alpha)\rho_t\sigma_t^s$.

Considerando que as séries dos retornos apresentaram caudas pesadas, foram também estimados modelos considerando uma distribuição *t-student*. Contudo tais modelos não passaram nos testes de adequação, pelo que optou-se pela utilização da distribuição gaussiana.

ANEXO 2. Equação do Δ CoVaR

A equação (6), do Δ CoVaR, derivou da conjugação das equações (4) e (5):

$$CoVaR_t^i(\alpha, \gamma) = \varphi^{-1}(\gamma)\sigma_t^s\sqrt{1-\rho_t^2} + \varphi^{-1}(\alpha)\rho_t\sigma_t^s \quad \text{e} \quad \Delta CoVaR_{\alpha,t}^{s|i} = CoVaR_{\alpha,t}^{s|R^i=VaR_\alpha^i} -$$

$CoVaR_{\alpha,t}^{s|R^i=Median^i}$ respectivamente. Substituindo a equação (4) na equação (5), resulta que:

$$\Delta CoVaR_{\alpha,t}^{s|i} = \left(\varphi^{-1}(\gamma)\sigma_t^s\sqrt{1-\rho_t^2} + \varphi^{-1}(\alpha)\rho_t\sigma_t^s \right) - \left(\varphi^{-1}(\gamma)\sigma_t^s\sqrt{1-\rho_t^2} + \varphi^{-1}(50\%)\rho_t\sigma_t^s \right)$$

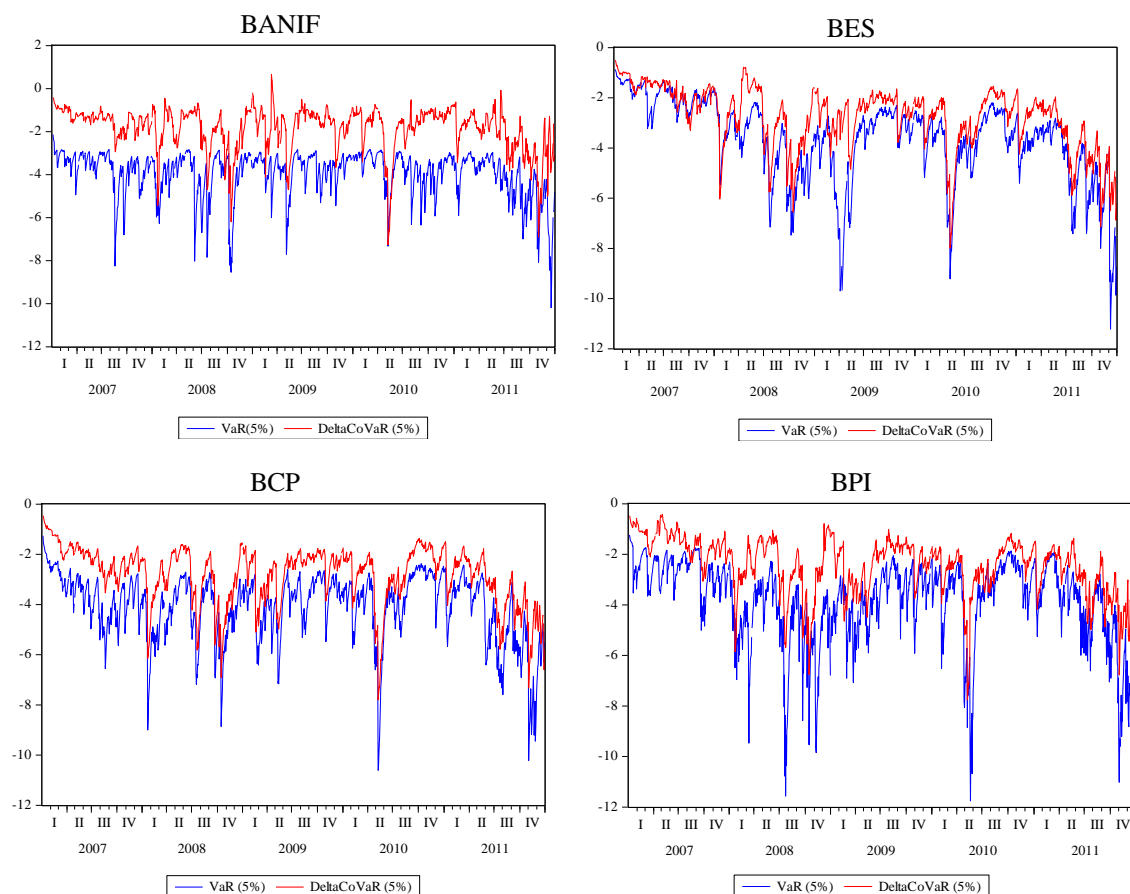
$$\Delta CoVaR_{\alpha,t}^{s|i} = \varphi^{-1}(\gamma)\sigma_t^s\sqrt{1-\rho_t^2} - \varphi^{-1}(\gamma)\sigma_t^s\sqrt{1-\rho_t^2} + \varphi^{-1}(50\%)\rho_t\sigma_t^s + \varphi^{-1}(\alpha)\rho_t\sigma_t^s$$

Os dois primeiros termos são simétricos e, por isso, anulam-se e o valor da mediana na função inversa da normal estandardizada é nulo, restando apenas o último componente da equação, isto é, a equação apresentada em (6):

$$\Delta CoVaR_{\alpha,t}^{s|i} = -\varphi^{-1}(\alpha)\rho_t\sigma_t^s$$

ANEXO 3. Figuras e Tabelas

Gráfico 1. Relação Temporal do Δ CoVaR e VaR



Fonte: Elaboração Própria com base no *Eviews*

Tabela A. Ranking dos Bancos por Total de Activos (2010)

Banco	Total de Activos	
	Milhares de €	Perc.
CGD	125,862,000	21.84%
BCP	100,009,700	17.36%
BES	83,655,400	14.52%
Santander Totta	48,181,500	8.36%
BPI	45,659,800	7.92%

Fonte: Dados da Bankscope

Tabela B. Modelos para Estimação do VaR

	BANIF	BCP	BES	BPI
C	-0,131667 (0,0813)	-0,044425 (0,5052)	-0,043606 (0,4131)	-0,068355 (0,1780)
AR(1)	0,125892 (0,0000)	0,121847 (0,0000)	0,093852 (0,0013)	0,029431 (0,3077)
C	0,638627 (0,0000)	0,251034 (0,0000)	0,129503 (0,0001)	0,244699 (0,0000)
ARCH(1)	0,130023 (0,0000)	0,135758 (0,0000)	0,113470 (0,0000)	0,226329 (0,0000)
GARCH(1)	0,768192 (0,0000)	0,835725 (0,0000)	0,875913 (0,0000)	0,443807 (0,0026)
GARCH(2)				0,303945 (0,0156)

Fonte: Elaboração própria com base no Eviews

Tabela C. Teste de Auto-correlação de *Portmanteau*

	BANIF	BCP	BES	BPI
lag 3	0.8501 (1.0000)	3.8501 (0.9860)	4.6219 (0.9694)	8.0413 (0.7819)
lag 6	11.0742 (0.9885)	13.5862 (0.9555)	14.9399 (0.9225)	23.7479 (0.4761)
lag 12	36.4460 (0.8888)	45.6663 (0.5690)	71.1744 (0.0165)	54.6866 (0.2356)

Fonte: Elaboração própria com base no Eviews

O teste de *portmanteau* permitiu verificar que os modelos estimados para o comportamento conjunto das séries dos bancos e do sistema financeiro, estão bem especificados, pois não exibem auto-correlação, com exceção do BES, em que este só se rejeita a auto-correlação a um nível de significância de 1%.

Tabela D. Matriz de Correlações

		Beta	Dim	End
BANIF	Beta	-		
	Dim	-0,1060	-	
	End	0,0749	-0,6593	-
BCP	Beta	-		
	Dim	-0,5971	-	
	End	0,5312	-0,5407	-
BES	Beta	-		
	Dim	0,8552	-	
	End	-0,2252	-0,2086	-
BPI	Beta	-		
	Dim	0,6289	-	
	End	0,4206	0,0769	-

Fonte: Elaboração própria com base no Eviews

A construção da matriz de correlações permite detectar a existência de multicolinearidade entre as variáveis explicativas. Um coeficiente de correlação acima de +/- 0,7 é sinal de forte correlação entre as variáveis. No caso do BES, pôde-se observar existência de multicolinearidade, derivada de uma elevada correlação entre o beta das acções e a dimensão do banco. Uma solução possível para a multicolinearidade é a supressão de uma das variáveis com elevada correlação do modelo. A outra solução, que foi a aplicada no estudo, consiste em remover o termo independente por forma a reduzir a multicolinearidade.

Tabela E. Testes dos Modelos de Regressão

	Estatística F	valor-p	Jarque-Bera	valor-p	R2 ajustado
$\Delta\text{CoVaR}_{\text{BANIF}}$	5,5756	(0,0082)	0,1039	0,9494	0,4194
$\Delta\text{CoVaR}_{\text{BCP}}$	4,9764	(0,0126)	0,8461	0,6550	0,3856
$\Delta\text{CoVaR}_{\text{BES}}$	-	-	0,0719	0,9646	0,5392
$\Delta\text{CoVaR}_{\text{BPI}}$	10,3592	(0,0004)	1,2171	0,5441	0,5964

Fonte: Elaboração própria com base no Eviews

Tabela F. Estatísticas Descritivas das Medidas de Risco (em percentagem)

		BANIF	BCP	BES	BPI
VaR (5%)	Média	3,9420	4,1268	3,6694	3,8421
	Desv. Padrão	1,0621	1,3551	1,6563	1,6453
	Máximo	10,1814	10,6067	11,2152	11,7566
	Mínimo	2,1314	1,2597	0,8652	1,2344
	Observações	1280	1280	1280	1280
Δ CoVaR (5%)	Média	1,8508	2,8394	2,7747	2,4553
	Desv. Padrão	1,0159	1,1562	1,2446	1,1443
	Máximo	7,2605	7,8005	7,9915	7,7606
	Mínimo	-0,6596	0,4592	0,4967	0,4198
	Observações	1279	1279	1279	1279

Fonte: Elaboração própria com base no Eviews

Tabela G. Estatísticas Descritivas das Variáveis Trimestrais

		ΔCoVaR	Beta	Dimens.	Endivid.
BANIF	Média	0,0185	0,8987	16,4046	14,1402
	Desv. Padrão	0,0064	0,2085	0,1794	1,6386
BCP	Média	0,0284	1,3052	15,1257	18,3491
	Desv. Padrão	0,0088	0,2349	2,1782	0,0621
BES	Média	0,0277	0,8945	18,1451	12,8489
	Desv. Padrão	0,0101	0,1543	0,1067	1,6103
BPI	Média	0,0245	0,9263	17,5805	24,1721
	Desv. Padrão	0,0085	0,1398	0,0791	7,2563
Observações		20			

Fonte: Elaboração própria com base no Eviews

ANEXO 4. Quadros

Quadro II. Categorização das Medidas de Risco Sistêmico

Categoria	Medidas de Risco	Autor(es)
Medidas de Distribuição Probabilística	<i>Conditional Value-at-Risk (CoVaR)</i>	Adrian e Brunnermeier (2011)
	<i>Value-at-Risk (VaR)</i>	White et al. (2010)
	<i>Systemic Expected Shortfall (SES)</i> <i>Marginal Expected Shortfall (MES)</i>	Acharya et al. (2010)
	<i>Systemic Risk Index (SRISK)</i>	Brownlees e Engle (2011)
	<i>Distress Insurance Premium (DIP)</i>	Huang et al. (2009)
	<i>Probability that At Least One Bank become Distressed (PAO)</i>	Segoviano e Goodhart (2009)
	<i>PAO, Systemic Impact Index (SII), Vulnerability Index (VI).</i>	Zhou (2009)
	<i>Expected Shortfall</i>	Tarashev et al. (2010)
Medidas de Análise Contingente	<i>Probability of Default, Expected Shortfall and Distance to distress</i>	Lehar (2005)
	<i>Incremental VaR (IVAR), Conditional Expected Shortfall (COES)</i>	Elsinger et al. (2006)
Medidas de Análise de Estrutura de Rede	<i>BI-LASER</i>	Hu et. Al (2010)
	<i>Contagion Risk Index (CRI) e Funding Risk Index (FRI)</i>	Pokutta et al. (2011)
	<i>Contagion Index (CI)</i>	Cont et al. (2010)
	<i>Systemic Risk Beta</i>	Hautsch et al. (2011)
	<i>Serial Correlation coefficients, granger-causality tests, PCA analysis and regime switching models</i>	Billio et al. (2010)

Fonte: Elaboração própria com base na literatura sobre o tema